

УДК 621.311.161

О.Ю. КОЛЛАРОВ (канд.техн.наук.,доц.), **С.О. СКРИПНИК** (магістр)**Державний вищий навчальний заклад****«Донецький національний технічний університет»****saveliiskrypnyk@yandex.ua**

АНАЛІЗ ПОВІТРЯНИХ ВІТРОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

У статті проаналізовані інноваційні вітрогенеруючі установки, а саме повітряні види вітрогенераторів. Розглянуто детально, якою повинна бути швидкість потоку вітру для номінальної роботи генеруючого агрегату. Поданий розрахунок швидкості вітру для висоти 1000 метрів, на якій встановлюються такі літальні апарати. Наведено таблицю та графік енергетичної залежності від потоку вітру, з урахуванням його швидкості на площу поверхні, яку охоплюють лопаті вітрогенератора. Проаналізовано вітрові потоки для аеромобільної станції за допомогою програми Flow Simulation.

Ключові слова: офшорна енергетика, вітрогенератор, аеростат, потік вітру, каркас, лопаті, генерація, Flow Simulation, SolidWorks Edition.

Постановка проблеми. З розвитком електричних технологій вчені все більше замислюються про те, як генерувати, зберігати і правильно перетворити енергоресурси, які знаходяться в надрах землі: вугілля, газ, нафта, а також невичерпні джерела: сонце, вода, вітер. Промислова енергетика, яка використовує генеруючі альтернативні джерела – капіталомістка галузь. Для того, щоб «зловити» вітер, інженери-конструктори прагнуть забратися все вище. А це, в свою чергу, досить складне і ресурсно-витратне завдання. В офшорній енергетиці фундамент і монтаж технологічно обґрунтованих проєктів – це близько 30-40% капітальних витрат, а також оренда великих площ на яких знаходяться енергогенеруючі установки. Тож не дивно, що робляться численні спроби знизити капітальні витрати і, відповідно, вартість кіловат-години електроенергії, виробленої на основі сонячної і вітрової енергії.

Аналіз попередніх досліджень. Енергія вітру - безкоштовна, невичерпна, безпечна енергія. Установкою, перетворюючи енергію повітряних потоків в електричну або теплову називають вітрогенератором. Більшість сучасних вітряних установок мають порівняно низький ККД (до 30%) і високу вартість виробництва.

Також, на використання вітрогенераторів природа накладає певні обмеження. Все впирається в середню швидкість вітру в регіоні. Відомо, що початкова швидкість обертання лопотів вітрогенератора становить 2 м/с. При максимальному ККД швидкість вітряка повинна бути від 9 до 12 м/с. Вже починаючи з швидкості вітру 4 м/с установка вітрогенератора вважається доцільною.

Однак прогрес не стоїть на місці, і нові розробки піднімають ефективність вітрогенераторів, в буквальному сенсі, на нову висоту. Однією з найбільш трудомістких частин при створенні вітрової електростанції є монтаж наземних систем: щогли, генератора, ротора, лопатей. На малих висотах, біля землі, вітрові потоки не постійні, а підйом генеруючих потужностей на велику висоту робить щоглу занадто складною і дорогою конструкцією для встановлення та експлуатації [1].

Таким інноваційним напрямком є повітряна вітроенергетика, що запускає в небеса на висоти 200, 400 або навіть 1000 метрів літаючі вітряні електростанції - дирижаблі або аеростати (рис. 1, а, б), «повітряні змії» (рис. 1, д, е), дрони і інші літальні апарати, оснащені вітряними турбінами або призводять в дію наземні генератори за допомогою своїх «повідків» (рис. 1, в, г).

Літаючі вітрогенератори не вимагають фундаментів і значних транспортних витрат. При цьому вони працюють з хорошим «комерційним» вітром - на висотах в кілька сотень метрів вітер стабільніше і сильніше, такий вітер генерує більше енергії [2].

На висоті літаючі турбіни цілком можуть показати свої переваги перед наземними, адже сила вітру, як вже казалося раніше, зростає з висотою, а потужність вітряків, як вже з'ясувано на практиці, пропорційна кубу сили вітру. Це означає, що навіть при подвоєнні за рахунок висоти сили вітру літаюча турбіна може видавати в 8 разів більше потужності, ніж наземна.

Метою даної статті є аналіз ефективності встановлення вітрогенераторів на висотах від 200 до 1000 метрів за допомогою літальної техніки. В подальшому цей аналіз дозволить більш конкретно та обґрунтовано виступувати альтернативні джерела на такі комплекси як дирижаблі чи аеростати.

Викладення основного матеріалу дослідження. Так при розрахунках та аналізі оптимальної висоти отримані дані були обрані по двох параметрах: потоку вітру і довжині кабелю, тобто по масі і розривному зусиллі кабелю, щоб генеруючий пристрій міг піднятися у повітря. Загалом більшість літальних апаратів спираються на показники аеродинамічних функцій літального апарату, до якого кріпиться вітрогенератор.

Також головним елементом такого виду енергетики є його надійність та безпека. Такі джерела не тільки

екологічно чисті, а й енергоефективні.

Висота на якій знаходитиметься аеростат, повітряний змій або літак 1000 метрів. Таким чином на цій висоті швидкість вітру розраховується за формулою:

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha = 5 \cdot \left(\frac{1000}{2}\right)^{0,14} = 11,93 \cong 12 \text{ м/с}$$

де: V_0 – середня швидкість потоку вітру на території України;

H – висота на яку піднімається агрегат;

H_0 – висота замірів середньої швидкості;

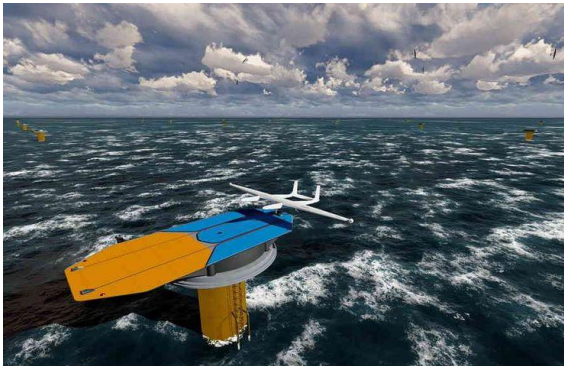
α – емпіричний показник степеня.



а



б



в



г



д



е

Рисунок 1 – Види літаючих вітрогенеруючих установок: а,б – повітряний аеростат, в,д – літак на повідку, д,е – повітряний змій

Потужність вітрогенератора при максимальному поглинанні середньорічної швидкості потоку вітру дорівнює:

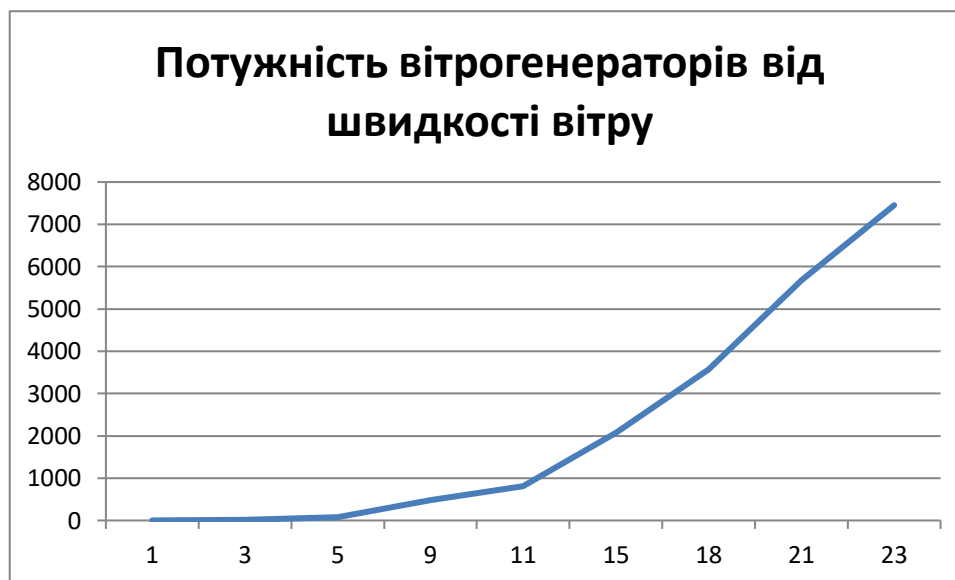
$$P_{w1} = S_G \cdot K_e \text{ кВт}$$

де S_G – площа, що описується лопатями вітрогенератора;

K_e – коефіцієнт, що враховує потужність 1 м^2 площі лопотів вітрогенератора з втратами у редукторі та генераторі (табл.1).

Таблиця 1 – Показники енергії вітру від швидкості на площу вітрогенеруючої установки

Швидкість вітру, м/с	Потужність генерації, Вт/м ²
1	1
3	17
5	77
9	477
11	815
15	2067
18	3572
21	5672
23	7452



[1] Рисунок 2 – Графік залежності енергії вітру від швидкості на площу вітрогенеруючої установки

З огляду на всі недоліки і переваги даного виду альтернативних джерел енергії, можливо розробити сонячно-вітровий повітряний комплекс (СВПК), з'єднавши сонячну і вітрову енергії таким чином, щоб такий оптимальний об'ємний літаючий об'єкт у вигляді кулі чи дирижабля з найбільшою площею для сонячних панелей при мінімальному обсязі газоподібного наповнювача, дозволить підняти кілька турбінних вітрогенераторів за допомогою сили тяги гелію [2].

Таким чином постає завдання розробити такий каркас для аеростата для того, щоб збільшити потік вітру. Наприклад зробити в центрі аеростата чи дирижабля конічну трубу, а саме з елементом конфузору для встановлення всередині труби деякої кількості вітрогенераторів.

Таких вітрогенераторів встановлено на дирижаблі два. Один знаходиться в передній частині дирижабля і має розміри лопотів 14 метрів у діаметрі, що дозволяє вловити збільшений потік вітру за рахунок конічної труби, як було сказано раніше. Другий знаходиться у задній частині, його діаметр 5 метрів. Розглядалося, також, встановлення більшої кількості вітрових установок в середину труби, але під час аналізу в програмі SolidWorks Edition 2013 в пакеті прикладних програм Flow Simulation було помітно зменшення потоку до мінімальних параметрів, що є несприятливим для встановленого там вітрогенератора. Тобто такий генератор не працював би в номінальному режимі і є не рентабельним рішенням.

Вихідні дані для моделювання в програмі SolidWorks Edition 2013 (табл.2.).

Таблиця 2 – Вихідні дані для моделювання на висоті 1000 метрів

Параметр	Числове значення
P, тиск	89885 Па
T, температура	281,65 К $\approx$ 8,5°C
V, швидкість потоку вітру	12 м/с

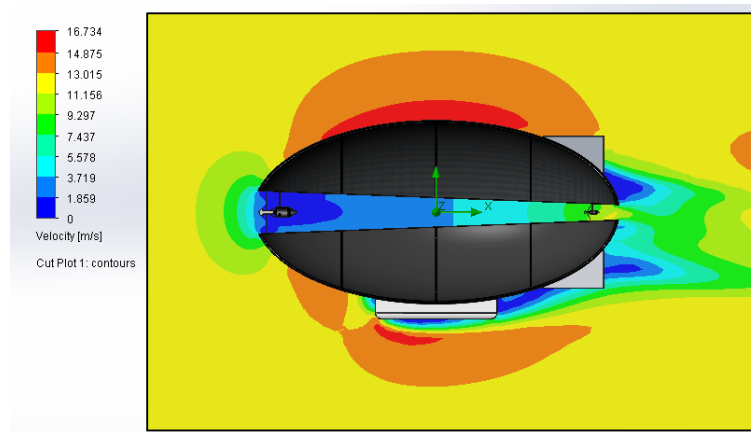


Рисунок 3 – Аналіз потоку вітру при швидкості 12 м/с

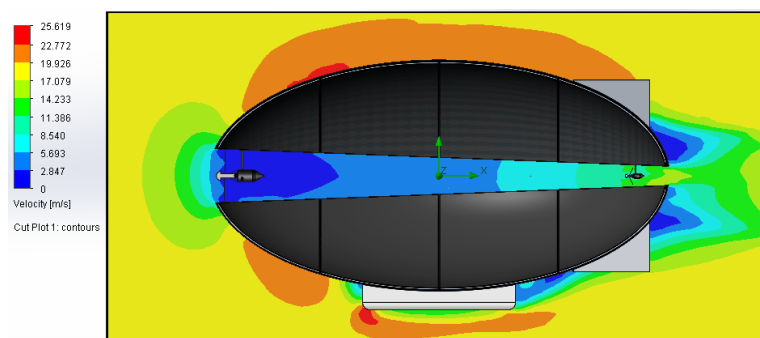


Рисунок 4 – Аналіз потоку вітру при швидкості 18 м/с

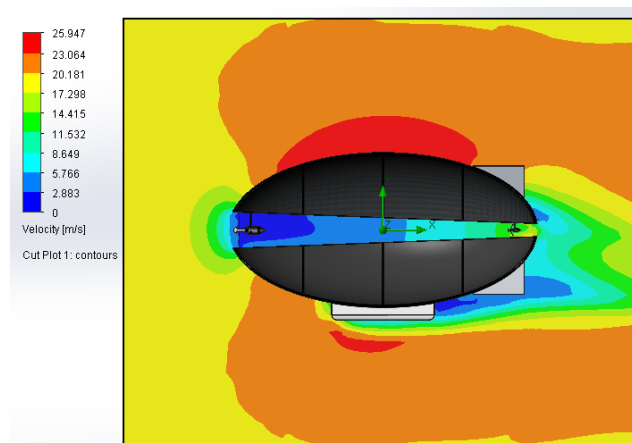


Рисунок 5 – Аналіз потоку вітру при швидкості 20 м/с

Таким чином після аналізу потоку вітрів різної швидкості (рис.3,4,5) можливо зрозуміти, яка швидкість для дирижабля є несприятливою або взагалі аварійною. Так помічаємо, що при 18 м/с потік в деяких ділянках доходить до помітки 25,6 м/с, а при 20 м/с майже до 26 м/с, тобто цей показник є межею для початку зниження дирижабля на безпечну висоту, щоб запобігти аварійній ситуації.

Докладно розглянуто експлуатацію комплексу у холодну пору року. Тому проведено аналіз температури в середині конічної труби, щоб вітрогенератори не обледеніли та не вийшли з ладу (рис.6). Температура в трубі підвищується за рахунок тертя та швидкісних вітрогенераторів, температуру в трубі та в самій оболонці

підвищується вдень за допомогою сонячного тепла, а також її можливо підтримувати за допомогою підігріву окремих ділянок гондоли, що збільшить в свою чергу підйомну силу гелія.

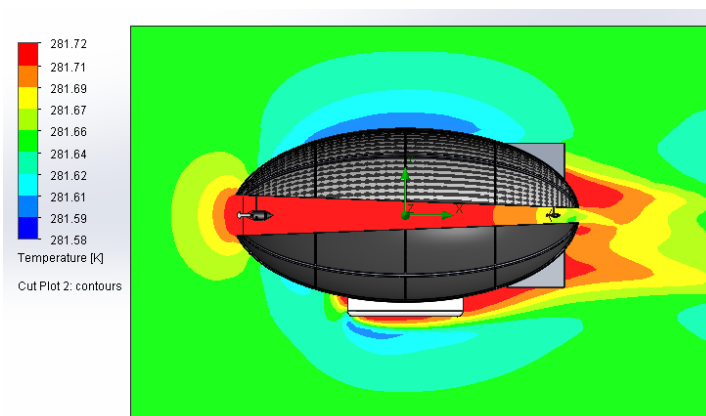


Рисунок 6 – Аналіз температури в конічній трубці

Висновки. Таким чином, після детального аналізу, такі літаючі вітроустановки нададуть змогу збільшити ККД генерації електричної енергії у декілька разів. На висоті більше 1000 метрів потоки вітру стабільніше та сильніше, тобто генерація майже постійна. Також, зменшить капітальні витрати на встановлення високих габаритних фундаментів на землі, що призведе до економії коштів. Інноваційний сонячно-вітровий повітряний комплекс є гібридною системою зі збільшеним ККД у порівнянні зі стандартними видами генеруючих систем. Такі види альтернативних джерел енергії можливо встановлювати на території України, тим самим покращити її енергоефективність і економічну незалежність в майбутньому.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектуємо електрику разом. URL: <http://vgs-design-el.blogspot.com>.
2. Алтухова Т.В., Скрипник С.А. Создание инновационной модели солнечно-ветрового воздушного комплекса для энергоснабжения промышленных предприятий. Матеріали фахового наукового журналу "Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки". – Київ: ТНУ, 2018. – Том 29 №3/2018 (68). – С.61–65.

REFERENCES

1. We design electricity together. Available at: <http://vgs-design-el.blogspot.com>.
2. Altukhova, T. V. and Skrypnyk, S. A. (2018), " Creation of an innovative model of solar-wind air complex for power supply of industrial enterprises", Materials of the professional scientific journal "Scientific notes of Tauride national University. V. I. Vernadsky. Series: technical Sciences", vol. 29, no. 3, pp. 61–65.

Надійшла до редколегії 07.11.2018

Рецензент: д.т.н., професор Сивокобиленко В.Ф.

O. KOLLAROV, S. SKRYPNYK

State Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University"

Analysis of air wind turbines for electric power generation. With the development of electric technologies, scientists are increasingly thinking about how to generate, store and properly transform the energy resources that are in the bowels of the earth: coal, oil and gas, as well as renewable sources: sun, water, wind. Industrial energy is used in generating alternative sources-capital-intensive industry. In order to "catch" the wind, design engineers tend to climb higher. And this, in turn, is quite a complex and resource-intensive task. In offshore energy the Foundation and installation of technologically sound projects are about 30-40% of capital costs, as well as the lease of large areas on which power generating plants are located. The article analyzes innovative wind turbines, namely flying types of wind generators. Such an innovative direction is air wind power, which launches into the sky at a height of 200, 400 or even 1000 meters flying wind power plants-airships, balloons,"kites, drones and other aircraft equipped with wind turbines or drive ground generators with their "leashes". Sorted out in detail what should be the flow of wind speed for the nominal

operation of the generating unit. Nature imposes certain restrictions on the use of wind turbines. Everything depends on the average wind speed in the region. It is known that the initial rotation speed of the wind turbine rustles is 2 m/s. At maximum efficiency, the speed of the windmill should be from 9 to 12 m/s. Starting from the wind speed of 4 m/s, the installation of a wind turbine is considered appropriate. The presented calculation of the wind speed for the height at which such aircraft and the power of the wind generator are installed at the maximum absorption of the average annual wind flow rate. A table and a graph of the energy effect of the wind flow, taking into account its speed on the surface area covered by the blades of the wind turbine, are presented. Taking into account all the advantages and disadvantages of this type of alternative energy sources, it is possible to develop a solar-wind air complex (SWAC) connecting solar and wind energy in such a way that it can be used by optimal voluminous flying objects in the form of a ball or airship. The largest area for solar panels with a minimum volume of gaseous filler will allow to raise several-turbine wind turbines using helium traction power. Thus, after a detailed analysis, such flying wind turbines will allow to increase the efficiency of electric power generation several times. At altitudes of more than 1000 meters wind streams are more and more stable, so the generation is almost constant. It will also reduce capital costs for the installation of high overall dimensions on the ground, that will definitely save money. The innovative solar-wind air system is a hybrid system with increased efficiency, compared to standard types of generating systems. Such types of alternative energy sources may be installed on the territory of Ukraine, thereby improving its energy efficiency and economic independence in the future.

Key words: *offshore power, wind turbine, balloon, wind flow, skeleton, vane, generation, Flow Simulation, SolidWorks Edition.*